Journal of Radiation Industry 8(1) : 43~47(2014)

마이크로웨이브 플라즈마 처리를 통한 섬광체 패널 기판의 접촉각 특성 변화

김병욱 · 김영주 · 유철우 · 최병정 · 권영만
이영춘 · 김명수[1] · 조규성[1,*]

전북테크노파크 방사선영상기술센터, [1]한국과학기술원 원자력 및 양자공학과

Characteristics of the Contact Angle Using the Microwave Plasma Treatment on Scintillator Panel Substrates

Byoungwook Kim, Youngju Kim, Cheolwoo Ryu, Byoungjung Choi, Youngman Kwon, Youngchoon Lee, Myungsoo Kim[1] and Gyuseong Cho[1,*]

Radiation Imaging Technology Center, JBTP, Iksan, Korea
[1]Department of Nuclear & Quantum Engineering, KAIST, Daejeon, Korea

Abstract - By measuring decrease change of the contact angle after microwave plasma treatment on the glass and Al as a scintillator panel sample substrate, the adhesive performance of scintillator panel can be expected to improve. Also resolution and sensitivity of scintillator panel after microwave plasma treatment can be expected to maintain highly.

Key words : Microwave plasma treatment, Scintillator panel, Contact angel

서 론

최근 산업용 또는 의료용의 디지털 엑스선 영상 검출 센서는 전기적 신호 변환 방식에 따라 크게 직접 방식과 간접 방식으로 분류할 수 있는데(김 2005), 디지털 엑스선 영상 검출 센서의 80% 이상을 차지하고 있는 간접 방식의 경우 엑스선을 가시광선으로 변환시켜 주는 섬광체 패널이 매우 중요한 요소이다.

간접 방식의 디지털 영상 검출 센서에 있어 섬광체 패널은 크게 패널 기판, 섬광체, 보호막 등으로 구성할 수 있으며, 섬광체 패널 기판으로는 유리, 비정질 카본, 알루미늄, FOP (Fiber Optic Plate) 등이 사용되고 있으며, 특히, 엑스선을 가시광선으로 변환시켜 주는 섬광체의 재료로는 Thallium Iodide (TI)이 도핑된 Cesium Iodide (CsI)가 주로 사용된다(조 2004).

CsI (Tl)를 섬광체 패널 기판에 증착시키면 CsI (Tl)가 가지는 흡습성 때문에 CsI (Tl)를 보호하는 별도의 보호막을 형성해야 한다. 이러한 CsI (Tl) 섬광체와 보호막을 형성하는 패널 기판이 평평한 면으로 되어 있어 영상 검출 센서와 결합하는 경우 외부로부터 마찰력이나 압력에 의해 섬광체 보호막에 긁힘이 발생하여 벗겨지거나 또는 섬광체 패널이 분리될 염려가 있고, 또한 수분이 섬광체 패널에 침투하여 보호막의 손상이나 섬광체의 손상으로 인해 디지털 엑스선 영상의 해상도가 떨어지는 문제점이 발생하게 한다. 이런 문제점을 해결하기 위해 섬광체 패널 기판에 물리적인 샌드 블라스팅 공정을 추가하여 요철을 가지도록 하는 방법과 플라즈마 공

* Corresponding author: Gyuseong Cho, Tel. +82-42-350-3821, Fax. +82-42-350-5861, E-mail. gscho@kaist.ac.kr

정 등과 같은 표면처리방법에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다 (Hiroto *et al*. 2005; 원 등 2010; Anjum *et al*. 2010; 서 등 2011; Carrado *et al*. 2011; Cho *et al*. 2011).

따라서 본 연구에서는 Glass와 Al의 섬광체 패널 기판에 마이크로웨이브 플라즈마 표면처리를 통하여 각각 처리 전과 처리 후의 기판 표면에서의 접촉각 감소 변화를 측정함으로써 섬광체 및 보호막과의 접합 성능 개선을 예측하여 섬광체 패널의 해상도와 감도 특성이 유지될 수 있도록 기대할 수 있다.

재료 및 방법

실험장비

Fig. 1은 섬광체 패널 기판의 접합 성능 개선을 위해 본 실험에서 사용한 마이크로웨이브 플라즈마 장비의 개략도이다. 이 마이크로웨이브 플라즈마 장비는 크게 마이크로웨이브 발생기와 마이크로웨이브 에플리케이터 (안테나), afterglow-grid-mask (Mesh) 장치의 3개의 구조로 구성되어 있다.

먼저 챔버 내부를 저진공 (0.02 mbar) 상태로 유지한 상태에서 아르곤 및 수소 혼합가스 (Ar & H_2) 혹은 산소 (O_2)를 챔버 내로 투입한 후, 마이크로웨이브 발생기에서 발생된 마이크로웨이브가 가이드를 통하여 챔버 구조인 애플리케이터 내로 전달되어 외부로 방출되는데, 이때 반응성 기체와 만난 마이크로웨이브는 플라즈마를 발생시키나 afterglow-grid-mask 내로 플라즈마를 가두고 오로지 반응종들만 챔버 내부로 통과시켜 시료의 표면을 처리한다. 또한 마이크로파 발생을 정지시키는 안전 잠금장치, 누설 방지를 위한 안전 시스템인 도어 센서 등을 장착하고, 공정 압력 제어장치, 공정 파라미터가 정상적으로 작동하는지 모니터링 장치 등을 탑재하고 있어 공정 재현성 및 신뢰성을 확보하였다.

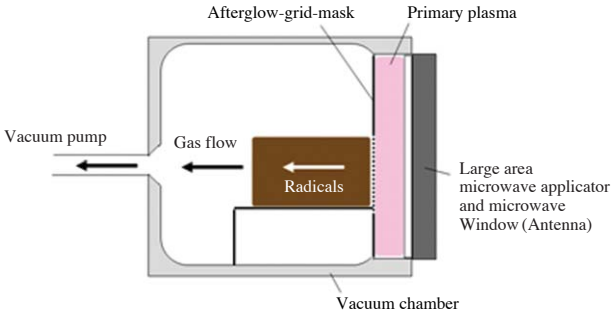


Fig. 1. Schematic diagram of microwave plasma system.

이 마이크로웨이브 플라즈마 장비는 PVA Tepla사의 GIGA690 장비로 챔버는 알루미늄 재질이며, 내측 사이즈는 최대 높이 450 mm, 폭 450 mm, 깊이는 450 mm이고, 공정용 가스 채널은 최대 4개까지 사용 가능하고, 출력은 0 W에서 최대 1 kW까지 가변하여 사용할 수 있다.

실험 방법

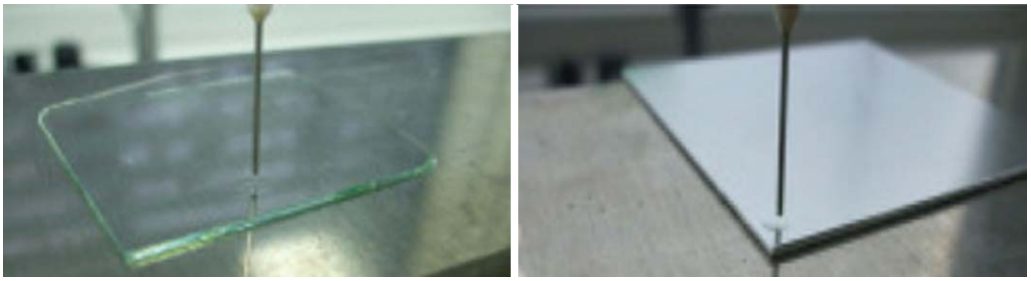
마이크로웨이브 플라즈마 장비를 활용하여 섬광체 패널 기판으로 표면 처리를 위해 Glass와 Al 샘플 기판을

Table 1. Sample substrate size and thickness

Items	Glass	Aluminum
Size	25 mm × 25 mm	25 mm × 25 mm
Thickness	1 mm	0.3 mm

Table 2. Experimental conditions of microwave plasma treatment

Parameters	Experimental conditions
Plasma method	Electron Cyclotron Resonance
Frequency	2.45 GHz
Power	300 W
Temperature	25°C
Pressure	0.02 mbar
Reactive gas	O_2
Gas flow rate	300 sccm
Treatment time	90 sec, 300 sec



(a) (b)

Fig. 2. Drop of de-ionized water on the sample substrate. (a) glass (b) aluminum.

각각 사용하였으며, Glass 샘플 기판의 경우 25 mm (가로) × 25 mm (세로) × 1 mm (두께)를, Al 샘플 기판의 경우 25 mm (가로) × 25 mm (세로) × 0.3 mm (두께)를 준비하였고, 전처리 과정으로 각각의 샘플 기판을 세정 및 초음파 세척기를 이용하였다. 각각 준비된 샘플 기판의 크기와 두께를 Table 1에 나타내었다. 각각 샘플 기판 표면에 마이크로웨이브 플라즈마 처리를 위하여 사용된 시간은 Glass와 Al 샘플 기판 모두 각각 90초 및 300초이다. 샘플 기판 표면의 마이크로웨이브 플라즈마 처리를 위한 장비의 실험 조건은 Table 2와 같다.

디지털 엑스선 영상 검출기의 필수 구성 요소인 섬광체 패널 기판으로 많이 사용되는 Glass 샘플 기판과 Al 샘플 기판에 마이크로웨이브 플라즈마 처리를 하여 각각의 샘플 기판 표면을 플라즈마 처리 전과 처리 후로 분류하여 접촉각의 변화를 관찰하였다.

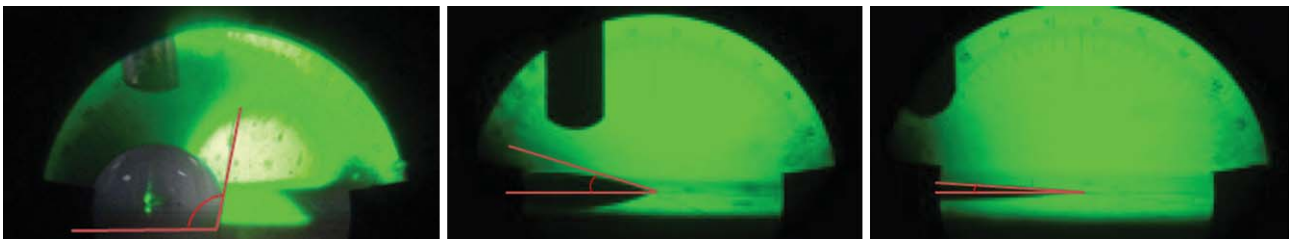
접촉각 특성 변화를 확인하기 위하여 표면에 물방울을 떨어뜨려 표면에서 물방울이 접촉하여 퍼지는 각도를 측정하는 방법 (Contact Angle Meter)을 사용하였다. 이에 본 논문에서는 마이크로웨이브 플라즈마 처리한 Glass 샘플 기판과 Al 샘플 기판에 Di Water 용액을 사용하여 Sessile drop 방법으로 각각의 샘플 기판 위에 3번의 물방울을 떨어뜨려 접촉각 측정기로 데이터를 얻은 후 그 데이터의 평균값을 측정값으로 제시하였으며 Fig. 2에 나타내었다. 아울러 24시간이 지난 후에 다시 접촉각을 측정하여 그 변화 정도를 분석하였다. Fig. 3에 본 실험에서 Glass 샘플 기판과 Al 샘플 기판의 접촉각 측정을 위해 사용된 측정장비를 나타내었다. Fig. 4는 Al 샘플 기판에 있어서 (a) 마이크로웨이브 플라즈마 표면처리 전의 접촉각을 나타내었고, 또한 각각 (b) 90초 및 (c) 300초 표면처리 후의 접촉각을 나타내었다.

Fig. 3. Contact angle measuring tool.

결과 및 논의

섬광체 패널 기판으로 사용되는 Glass 샘플 기판과 Al 샘플 기판을 마이크로웨이브 플라즈마 표면처리 전과 처리 후에 접촉각 측정 장비를 사용하여 각 샘플의 접촉각을 측정하였다. 마이크로웨이브 플라즈마 표면처리 전의 접촉각은 Glass 샘플 기판의 경우 35.3°로 측정되었으며, Al 샘플 기판의 경우 98.6°로 측정되었으며, 각각 90초 및 300초씩 마이크로웨이브 플라즈마 표면처리 후의 접촉각은 Glass 샘플 기판의 경우 90초 및 300초 처리 시에는 각각 0°로 측정되었고, 마찬가지로 Al 샘플 기판의 경우 90초 처리 시에는 21.7°, 300초 표면처리 시에는 5.4°로 측정되었다. 각각의 접촉각 측정 결과를 Fig. 5에 정리하였다.

아울러 앞서 언급한 바와 같이 각각 Glass 샘플 기판과 Al 샘플 기판에 마이크로웨이브 플라즈마 표면처리하고 24시간 경과 후에 다시 접촉각을 측정하여 그 변화를 분석하였다. 그 결과 Glass 샘플 기판의 경우 측정된 접촉각은 그대로 0°를 유지하고 있어 접촉각 성능의 변화가 없어 접합 성능이 지속된다고 예상할 수 있지만, Al 샘플 기판에 있어서 90초 표면처리의 경우에는 21.7°에서 46.5°로 측정되었고, 300초 표면처리의 경우에는 5.4°에서 27.3°로 측정되어 시간이 지난 후 접촉각이 증



(a) (b) (c)

Fig. 4. Comparison of contact angle of de-ionized water on aluminum sample substrate. (a) untreated, (b) 90 sec treatment and (c) 300 sec treatment.

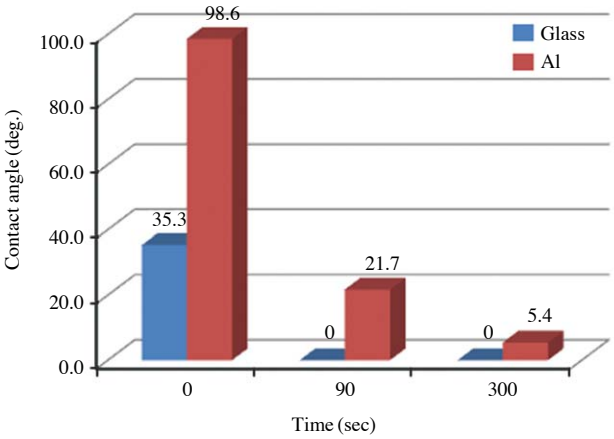


Fig. 5. Contact angle of microwave plasma untreated and treated time.

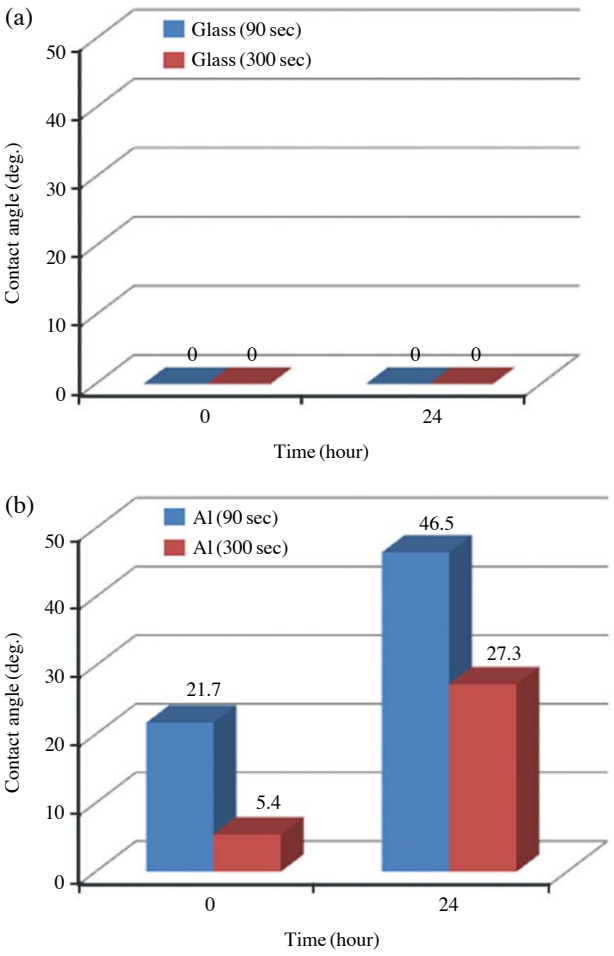


Fig. 6. Variation of contact angle after 24 hours. (a) glass (b) aluminum.

가하였으며 그 측정 결과를 Fig. 6에 정리하였다.

따라서 본 실험을 통하여 섬광체 패널 기판의 접합 성능 개선을 확인하고자 Glass 샘플 기판과 Al 샘플 기판 표면에 마이크로웨이브 플라즈마를 이용하여 각각 90초 및 300초로 표면 처리한 후 각각 Glass 샘플 기판과 Al 샘플 기판의 접촉각이 감소되는 것을 확인할 수 있었으며 이를 통해 섬광체 패널 기판에서의 접합 성능 개선을 기대할 수 있다.

결 론

본 연구에서는 섬광체 패널 기판으로 사용되는 Glass 기판 및 Al 기판에 마이크로웨이브 플라즈마 표면처리 전과 처리 후의 접촉각을 측정하였다. 접촉각의 측정 결과 Glass 샘플 기판의 경우 0°의 매우 낮은 접촉각을 유지할 수 있고, 아울러 Al 기판의 경우도 마찬가지로 표면처리하기 전에 비하여 표면처리 후의 접촉각이 낮아짐을 확인할 수 있었다. 하지만 Glass 샘플 기판과 Al 샘플 기판의 경우 마이크로웨이브 플라즈마 처리한 후 각각 24시간이 지난 후 다시 접촉각을 측정하였을 경우, Al 샘플 기판의 접촉각이 Glass 샘플 기판의 접촉각에 비해 상대적으로 높아짐을 알 수 있기 때문에 플라즈마 표면처리에 대한 효과가 감소되는 것을 고려해야 한다.

따라서 Glass 기판이나 Al 기판을 섬광체 패널 기판으로 사용할 경우 일정 시간 마이크로웨이브 플라즈마 표면처리를 진행하면 접촉각의 감소 변화를 확인함으로써 섬광체 또는 보호막과의 접합 성능 개선을 예측하여 섬광체 패널의 해상도와 감도 특성이 유지될 수 있도록 기대할 수 있다.

사 사

본 논문은 미래창조과학부에서 주관하는 방사선 기술개발사업으로 수행되었으며 이에 감사드립니다 (grant code : 2010-0026094).

참 고 문 헌

조규성. 2004. 디지털 X선 촬영장치의 성능평가 기준 개발. 식품의약품안전청.

김호경. 2005. 디지털 래디오그래피 센서 기술. 한국정밀공학회지. **22**(8):7-16.

서승호, 장성환, 유영은, 정재동. 2011. 상압 플라즈마 표면처리에 의한 고분자 재질의 접착특성 변화. 대한기계학회 논문집 B권. **35**(5):445-450.

원동수, 김태경, 이원규. 2010. 저압 및 대기압 플라즈마 처리를 통한 폴리카보네이트의 접촉각 변화 특성 비교. *Applied Chemical Engineering* **21**(1):98-103.

Carrado A, Sokolova O, Donnio B and Palkowski H. 2011. Influence of Corona Treatment on Adhesion and Mechanical Properties in metal/Polymer/Metal System. *Journal of Applied Polymer Science* **120**(6):3709-3715.

Cho SJ, Nguyen T and Boo JH. 2011. Polyimide Surface Modification by Using Microwave Plasma for Adhesion Enhancement of Cu Electroless Plating. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* **11**:5328-5333.

Hiroto S, Takuya H and Toshio T. 2005. Scintillator panel and radiation image sensor. US7132665 B2.

Qureshi A, Shah S, Pelagade S, Singh NL, Mukherjee S, Tripathi A, Despande UP and Shripathi T. 2010. Surface Modification of Polycarbonate by Plasma Treatment. *Journal of Physics: Conference Series* **208**(1):012108.

Manuscript Received: April 23, 2014
Revised: May 29, 2014
Revision Accepted: May 29, 2014